

基于推理的大型收获机械变速箱参数化设计*

陈雨 毛恩荣 吕黄珍 朱忠祥 宋正河

(中国农业大学现代农业装备优化设计北京市重点实验室, 北京 100083)

摘要: 针对传统三维参数化建模软件不易建立结构复杂的大型收获机械变速箱参数化模型的问题,在获取典型收获机械变速箱设计知识的基础上,研究了变速箱参数化设计推理机,提出了一种基于推理的参数化设计方法。在VC++2008环境下,运用Pro/E 5.0中的Pro/TOOLKIT二次开发工具包,开发了基于推理的大型收获机械变速箱参数化设计平台。与传统参数化设计相比,该方法不必考虑在参数化软件中建立零件-部件-产品之间复杂的参数关联关系,可以方便快捷地设计出符合用户要求的变速箱。

关键词: 大型收获机械 变速箱 推理 参数化设计 二次开发

中图分类号: TH122;S225 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)S2-0278-05

Parametric Design of Large Harvesting Machinery Transmission Gearbox Based on Reasoning

Chen Yu Mao Enrong Lü Huangzhen Zhu Zhongxiang Song Zhenghe

(Beijing Key Laboratory of Optimized Design for Modern Agricultural Equipment, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to solve the problem of low efficiency of transmission design and long development cycle in the traditional design process, the parametric design method was proposed. Based on the typical harvester gearbox design knowledge, the reasoning mechanism for gearbox parametric design was studied. In the environment of VC++2008, secondary development Pro/TOOLKIT of Pro/E 5.0 was used. A platform of parametric design of large harvesting machinery transmission based on reasoning was developed. Compared with the traditional parametric design, the proposed method did not need to consider the complex relationship among parameters of parts, components and products in the parameterized software.

Key words: Large harvesting machinery Transmission gearbox Reasoning Parametric design Secondary development

引言

大型收获机械的变速箱多采用多级传动,结构复杂,是底盘传动系统的核心部件。大型收获机械变速箱的设计具有复杂且规范的特点,复杂在于它需要综合考虑其功能、结构、造型、材料等信息;规范则体现在设计过程中需要大量的经验设计知识,如传动比分配、最小轴颈计算、齿轮校核、设计系数的

选取等。
传统的参数化建模方法^[1~5],如Pro/E的Family Table、Pro/Program等功能可以快速构造一些零件和简单部件的参数化模型。但对于大型收获机械变速箱来说,运用这些方法存在着比较明显的缺陷:①大型收获机械变速箱设计过程中需要进行多次联立方程组求解、逻辑判断、查表取值等,传统参数化建模工具的功能模块不能很好地支持这些操

收稿日期: 2013-07-02 修回日期: 2013-07-18
*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD20B01)和中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2013QJ018)
作者简介: 陈雨,博士生,主要从事联合收获机械底盘参数化设计研究,E-mail: chenyu19890410@163.com
通讯作者: 宋正河,教授,博士生导师,主要从事车辆人机工程学及智能控制研究,E-mail: songzhenghe@cau.edu.cn

作。②运用传统的参数化建模方法建立装配模型时,除了添加必要的尺寸约束关系外,还需要在零件-部件-产品之间建立参数关联关系,由于大型收获机械变速箱零部件众多,结构复杂,需要对建模软件的操作有较高的要求。

本文结合传统参数化建模软件 Pro/E 在零部件参数化设计中的优点和不足,将设计知识与现有的参数化技术进行融合,开发一套基于推理的大型联合收获机械变速箱的参数化设计系统。

1 设计架构

根据传统参数化建模软件在建立大型收获机械变速箱模型时的特点,设计过程中将产品设计知识抽取出来,组织并结合在一起,构成完整的知识模块,进一步通过求解知识模块得到新的产品^[6],形成如图 1 所示的基于推理的大型收获机械变速箱参数化设计框架图。

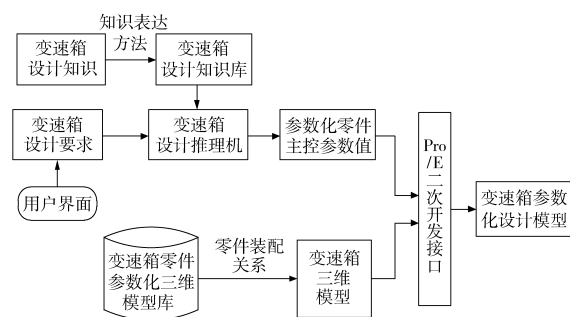


图 1 基于推理的大型收获机械变速箱参数化设计架构图

Fig.1 Design diagram of parametric design for large harvest machinery transmission gearbox based on reasoning

基于推理的大型收获机械变速箱参数化设计过程如下：

(1)收集适合于变速箱的所有设计知识,并将这些知识进行分类整理,采用合适的知识表达方法将分类好的知识表示成便于推理求解的知识库,以备推理机调用求解。

(2)推理机根据用户输入的最初设计要求,调用知识模型进行推理求解,最终输出变速箱中主要零件的关键参数值。

(3)运用 Pro/E 的参数化建模功能对变速箱主要零件,如齿轮、轴、轴承、连接件等建立参数化模型;运用 Pro/E 的装配功能建立变速箱的装配模型,并在装配模型中添加必要的约束关系以使零件尺寸变化时仍能满足装配约束。

(4)运用 Pro/E 的 Pro/TOOLKIT 工具将第(2)步求解出的主要零件的关键参数值与第(3)步的参数化零件模型建立参数关联。

用户根据自己需求,输入不同的初始参数,推理

机调用知识进行推理,用推理结果参数来驱动所有的参数化零件模型,进而改变整个装配模型。

2 设计推理

采用面向对象的知识表达方法,将设计对象抽象为对象类,将方法、参数、规则建立成类保护成员,使知识具有封装性,同时利用类的继承性,减少知识的冗余,便于推理机的求解^[7]。通过查阅相关设计手册,将变速箱设计知识采用文献[8]的方法进行分类,采用面向对象的方法进行表达。以某款履带式收获机械变速箱轴设计为例,无论是输入轴、驱动轴、固定花键轴,还是转向轴、过桥齿轮轴、输出轴,都需要在已知该轴功率和转速的情况下,才能确定其最小直径及基本结构。将所有涉及到轴设计的公式、参数等知识采用面向对象的知识表达方法封装为轴设计类,供各轴设计推理时调用。同理,将齿轮设计、转向离合器设计、壳体设计等采用类似的方法形成变速箱的知识模块图(图 2)。

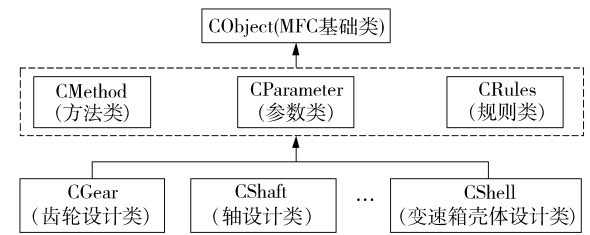


图 2 变速箱知识模块图

Fig.2 Module diagram of gearbox knowledge

基于推理的大型收获机械变速箱的参数化设计过程是自上而下的参数传递过程。本文依据变速箱的设计特点,采用如图 3 所示的参数推理流程。首先输入初始参数,包括变速箱最大输入功率、最大输入转速、输出转速,确定变速箱的总体结构类型和总传动比,然后依据传动比分配原则推理出各个挡位传动比。调用齿轮设计类计算各个齿轮的齿数、模数、齿宽等主要参数,并校核其接触疲劳强度和弯曲疲劳强度;调用轴设计类估算各轴最小轴颈,确定其基本结构,校核强度,确定轴承类型;调用转向离合器设计类和壳体设计类,确定转向离合器和壳体结构与基本参数。

3 基于推理的大型收获机械变速箱参数化设计实现

3.1 变速箱参数化模型建立

利用 Pro/E 的 Family Table、Pro/Program 等功能模块,在已创建的三维模型样板的基础上,建立一组可以完全控制三维模型形状尺寸的主控参数,并设置各主控参数及主控参数与三维模型样板的尺寸

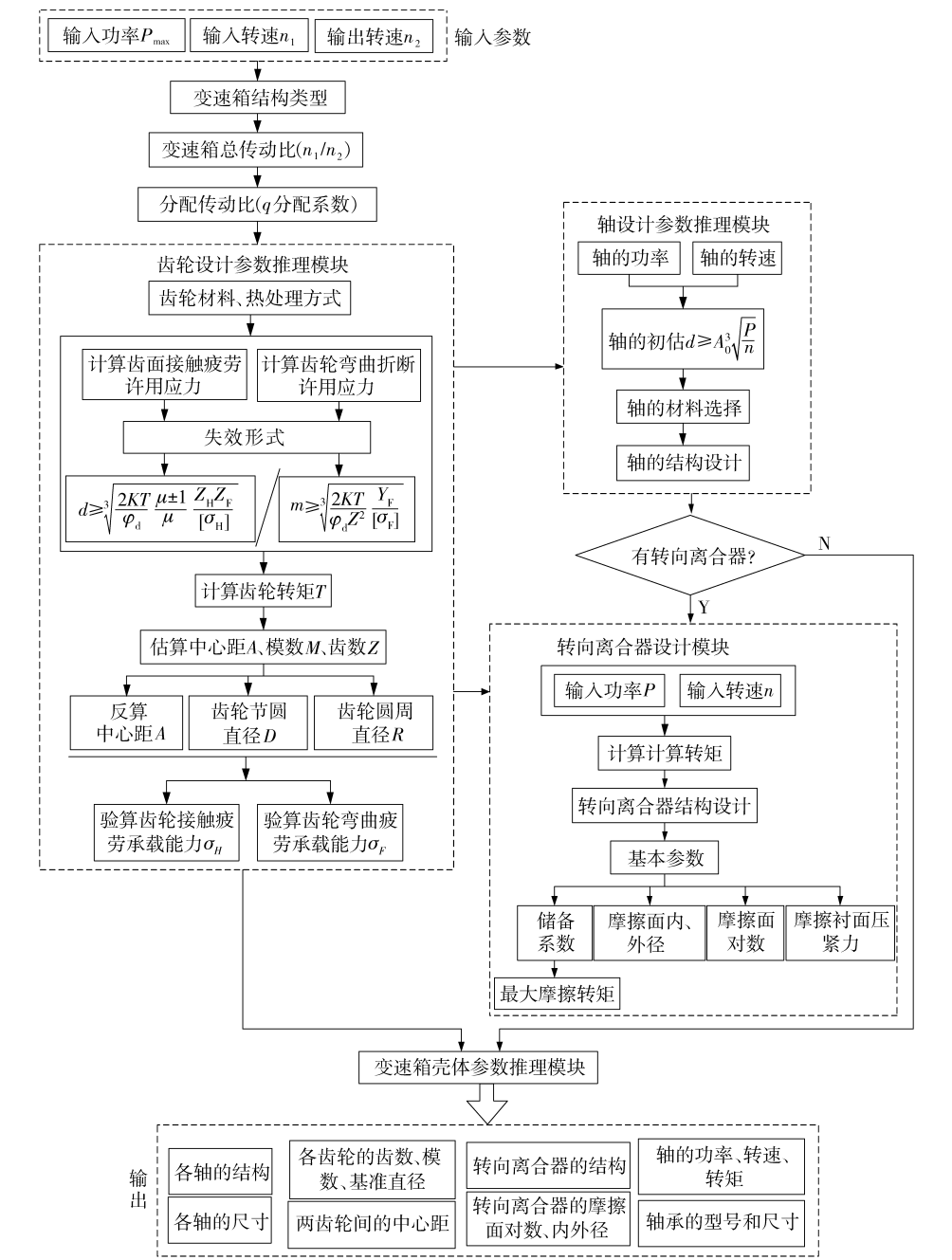


图 3 大型收获机械变速箱参数化设计推理

Fig. 3 Parametric design and reasoning for large harvest machinery transmission gearbox

变量之间的关系式,进而实现参数化零件模型的建立。表 1 所示为齿轮的主控参数和关系式。

表 1 齿轮的主控参数和关系式

参数	关系式	关系式说明
模数 M 、齿数 Z 、齿宽 B 、压力角 A_n 、齿顶系数 H_a 、齿根系数 C	$R_a = 0.5MZ + H_a M$	齿顶圆半径 R_a
	$R_b = 0.5MZ \cos A_n$	基圆半径 R_b
	$R_d = 0.5MZ - (C + H_a) M$	齿根圆半径 R_d
	$D_0 = R_a$	齿顶圆尺寸 D_0
	$D_1 = B$	齿宽尺寸 D_1
	$D_5 = R_d$	齿根圆尺寸 D_5
	$P_{230} = Z - 1$	阵列个数 P_{230}

图 4 所示为分别采用 Pro/E 的 Family Table 和 Pro/Program 的功能进行参数化建模并形成变速箱

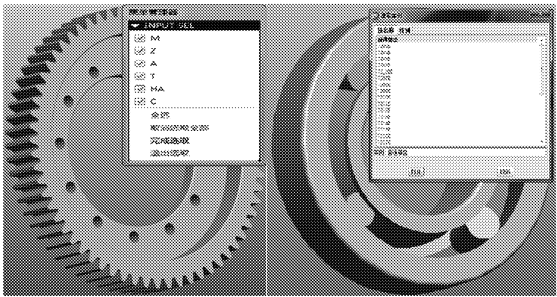


图 4 齿轮和轴承三维参数化模型

Fig. 4 3-D parametric model of gear and bearing

的三维参数化零件库。

利用 Pro/E 装配模块的约束功能以及自下而上的装配流程,完成由零件到部件,由部件到变速箱的装配。

在装配模型中应用 Pro/E 的关系功能添加必要的尺寸关系以使零件尺寸变化时仍能满足装配关系。图 5 和表 2 所示为装配的驱动轴模型各零件之间添加的尺寸关系。

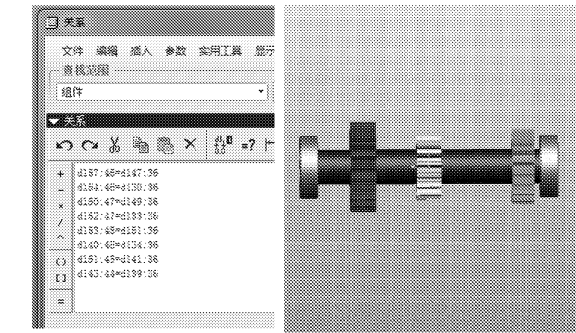


图 5 驱动轴装配模型中的尺寸约束关系

Fig. 5 Size constraint of drive shaft assembly model

表 2 各尺寸约束关系的意义

Tab.2 Assembly relationship between middle shaft and other parts

代号	关系说明
d157:46 = d147:36	齿轮 6 内径等于固定花键轴某轴段处轴颈
d154:46 = d130:36	齿轮 6 键槽长度等于固定花键轴某轴段处键槽长度
d150:47 = d149:36	齿轮 7 内径等于固定花键轴某轴段轴颈
d152:47 = d133:36	齿轮 7 键槽长度等于固定花键轴某轴段处键槽长度
d153:48 = d151:36	齿轮 8 内径等于固定花键轴某轴段轴颈
d140:48 = d134:36	齿轮 8 键槽长度等于固定花键轴某轴段处键槽长度

图 6 所示为装配完成的大型收获机械变速箱三维装配模型。

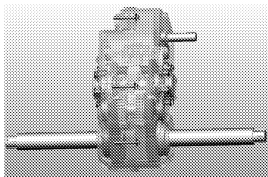


图 6 大型收获机械变速箱三维装配模型

Fig. 6 3-D assembly model of large harvesting machinery transmission gearbox

3.2 变速箱参数化设计程序开发

采用基于 Pro/TOOLKIT 异步模式的 Pro/E 二次开发技术^[9~11],大型收获机械变速箱的参数化设计过程可独立于 Pro/E 运行。参数化程序设计流程如图 7 所示。

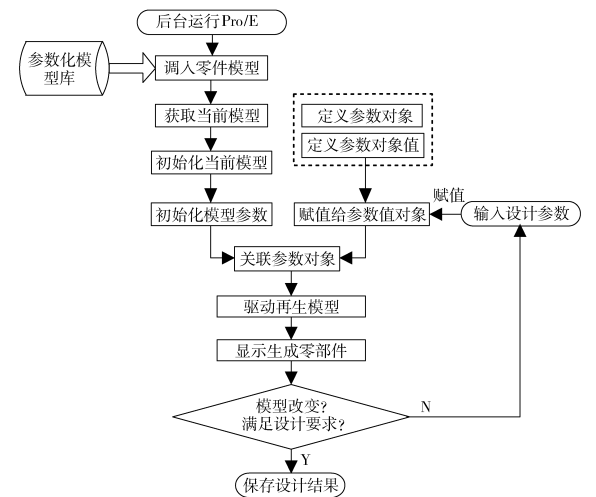


图 7 参数化程序设计流程图

Fig. 7 Flow chart of parametric program design

程序流程的核心是将用户输入的参数与参数化模型的主控参数建立关联关系。首先从参数化模型库中待设计的模型调入 Pro/E 内存,并初始化模型及其主控参数;其次定义参数对象和参数对象对应的参数值对象,用来存储用户输入的设计参数值;最后将模型参数与定义的参数值对象建立等式关系,用户输入的设计参数值便传递给参数化模型的主控参数,再生后可得到新的模型。表 3 所示为完成参数关联的主要函数。

表 3 参数化程序主要函数

Tab.3 Main program code of parametric design

函数名称	函数说明
ProConnect()	启动或连接 Pro/E
ProMdlRetrieve()	模型调入内存
SetsourceUrl()	显示模型
ParameterActionFn()	模型参数访问动作函数
ParameterFilterFn()	模型参数访问过滤函数
ParamsGet()	提取零部件参数
ProSolidRegenerate()	再生模型
ProMdlSave()	保存模型

3.3 变速箱参数化设计平台

参数化设计平台包括用户输入操作界面以及设计结果显示界面,如图 8、9 所示,用户输入操作界面用于提示用户输入设计要求,并进行连接 Pro/E 进程、推理计算、再生和保存模型等操作。

设计结果显示界面用于显示由推理计算而来的变速箱结构简图、各零部件主控参数值及新的三维模型等。点击查看结果按钮,从树控件中选取需要查看计算结果的零件,列表控件显示该零件的参数值。模型预览区可预览再生的变速箱及零件模型。

4 结论

(1)根据大型收获机械变速箱的设计特点,在



图8 用户输入及操作界面

Fig.8 Input and operation interface for users

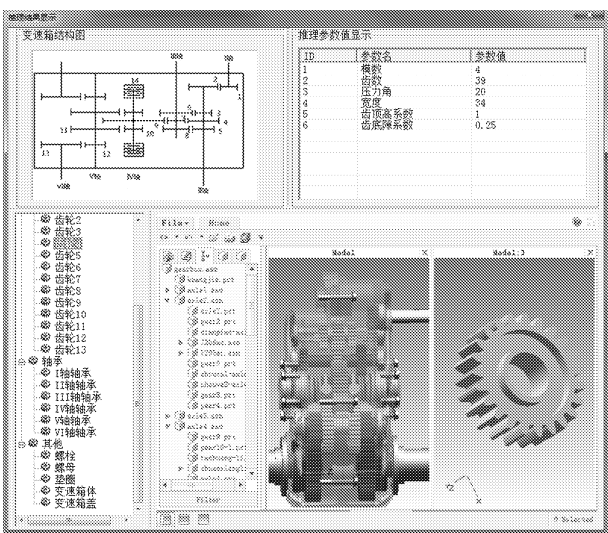


图9 设计结果显示界面

Fig.9 Display interface of design results

收集整理典型变速箱的设计知识的基础上,采用面向对象的知识表达方法,建立针对大型收获机械变速箱的参数化设计推理机制。

(2)结合传统建模软件 Pro/E 在零部件参数化设计中的优点和不足,将设计知识与现有的参数化技术进行融合,提出一种基于推理的参数化设计新

方法。

(3)建立针对大型联合收获机械变速箱的参数化设计平台,并介绍了平台开发中的关键技术。采用该方法可满足变速箱零部件设计的标准化、系列化、通用化的要求,提高了设计效率。

参 考 文 献

- 1 Liu Qiaosheng,Xi Juntong. Case-based parametric design system for test turntable [J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(6) :6 508 ~ 6 516.
- 2 Fan Qingming, Liu Geng, Wei Wang. Development of die sets standard parts library based on Pro/E [J]. Procedia Engineering, 2011,15:3 802 ~ 3 807.
- 3 余贵珍,吴成武,丁能根,等. 犁体参数化设计系统的研究[J]. 农业机械学报,2008,39(3) :49 ~ 51, 36.
Yu Guizhen,Wu Chengwu,Ding Nenggen, et al. Research on parametric design system of plow [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008,39(3) :49 ~ 51, 36. (in Chinese)
- 4 Charlie C, Wang L. Parameterization and parametric design of mannequins [J]. Computer Aided Design, 2005,37(1) :83 ~ 98.
- 5 李建平,魏宝刚,杨晨东,等. 基于 Pro/E 的有序抛秧机三维参数化造型设计[J]. 农业机械学报,2006,37(5) :60 ~ 62.
Li Jianping,Wei Baogang,Yang Chendong,et al. Three-dimensional parameterized modeling design of ordered rice seedling thrower based on Pro/Engineer[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2006,37(5) :60 ~ 62. (in Chinese)
- 6 徐延宁,孟祥旭,吕琳. 基于知识的参数化设计层次模型[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2004,16(10) :1 430 ~ 1 436.
Xu Yanning,Meng Xiangxu,Lü Lin. Knowledge-based hierarchical model supporting parametric design[J]. Journal of Computer Aided Design & Computer Graphics,2004, 16(10) :1 430 ~ 1 436. (in Chinese)
- 7 乔斌. 基于仿真知识的甘蔗收获机械智能设计系统决策推理机制的研究[D]. 南宁:广西大学,2007.
Qiao Bin. The research on the decision-making reasoning based on simulation knowledge about the intelligent design system of sugarcane harvester [D]. Nanning:Guangxi University,2007. (in Chinese)
- 8 李长林,王雪亮,金晓萍,等. 高速插秧机底盘快速设计专家系统[J]. 农业机械学报, 2012, 43(增刊) :323 ~ 328.
Li Changlin,Wang Xueliang,Jin Xiaoping, et al. Expert system design of chassis rapid design for high-speed transplanter [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(Supp.) :323 ~ 328. (in Chinese)
- 9 Parametric Technology Corporation. Pro/ENGINEER Wildfire 5. 0 Pro/TOOLKIT User's Guide[M]. Needham, MA, USA:PTC, 2010.
- 10 汤修映,肖丹,刘岭,等. ADAMS、Pro/E 和 ANSYS 间数据的自动传输技术[J]. 农业机械学报,2011,42(6) :193 ~ 197.
Tang Xiuying,Xiao Dan,Liu Ling, et al. Data automatic transmission technology based on ADAMS,Pro /E and ANSYS[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2011,42(6) :193 ~ 197. (in Chinese)
- 11 王恒,宁汝新,张旭. 利用 MFC 二次开发 Pro/E[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2004,16(6) :869 ~ 872.
Wang Heng,Ning Ruxin,Zhang Xu. Customized development of Pro/E based on MFC and Visual C + + 6.0[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics,2004, 16(6) :869 ~ 872. (in Chinese)